

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

REC'D 11 FEB 2004

WIPO

PCT

DE03/3858

**Prioritätsbescheinigung über die Einreichung
einer Patentanmeldung**

Aktenzeichen: 102 59 822.3

Anmeldetag: 19. Dezember 2002

Anmelder/Inhaber: Siemens Aktiengesellschaft, 80333 München/DE

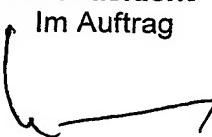
Bezeichnung: Elektrische Maschine mit bandagierter, tiefzukühler Wicklung

IPC: H 02 K 3/46

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 7. Januar 2004
Deutsches Patent- und Markenamt

Der Präsident
Im Auftrag


Heiß

**PRIORITY
DOCUMENT**

SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH
RULE 17.1(a) or (b)

Beschreibung

Elektrische Maschine mit bandagierter, tiefzukühlender Wicklung

5 Die Erfindung bezieht sich auf eine elektrische Maschine mit einem um eine Rotationsachse drehbaren Läufer, der eine auf Tieftemperatur zu kühlende, insbesondere supraleitende Wicklung enthält, die von einem Fixierungsmittel mit einer Bandage umhüllt ist. Ein Läufer einer entsprechenden Maschine ist
10 aus der DE 199 43 783 A1 zu entnehmen.

Zwei- oder mehrpolige Wicklungen elektrischer Maschinen können gleichmäßig am Außenumfang eines Wicklungsträger bzw.
15 eines sogenannten Polkerns um eine gemeinsame Achse angeordnet und von Gleichstrom mit abwechselndem Stromumlaufsinn durchflossen werden. Diese Wicklungen können dabei auf der Außenseite des Wicklungsträgers aufgebracht oder in nutenartigen Aussparungen untergebracht sein.

20 Eine entsprechende elektrische Maschine mit einem solchen mehrpoligen Wicklungsaufbau ist der EP 0 805 545 A1 zu entnehmen. Jeder Einzelpol dieser Maschine ist durch eine Teilwicklung vom Rennbahntyp erzeugt, deren supraleitende Leiter um einen Eisenkern gewickelt sind und sich in einem eigenen Kryostaten befinden. Als Supraleitermaterial für die Leiter ist insbesondere Nb₃Sn vorgesehen.

Seit 1987 sind metallocidische Supraleitermaterialien bekannt
30 geworden, die Sprungtemperaturen von über 77 K aufweisen und deshalb auch als Hoch-T_c-Supraleitermaterialien oder HTS-Materialien bezeichnet werden. Man versucht deshalb, entsprechende Wicklungen auch mit solchen Leitern zu erstellen. Es zeigt sich jedoch, dass bisher bekannte HTS-Leiter nur eine
35 verhältnismäßig geringe Stromtragfähigkeit in Magnetfeldern mit Induktionen im Tesla-Bereich besitzen, wie sie bei elektrischen Maschinen auftreten können. Dies macht es erforder-

lich, dass aus solchen Leitern erstellte Wicklungen trotz der verhältnismäßig hohen Sprungtemperaturen ihrer Leiter dennoch auf einem unterhalb von 77 K liegenden Temperaturniveau gehalten werden müssen.

5

Aus der eingangs genannten DE 199 43 783 A1-Schrift ist ein Läufer mit einer entsprechenden mehrpoligen Wicklung unter Verwendung entsprechender HTS-Leiter zu entnehmen. Dieser Läufer weist einen Wicklungsträger mit jeweils um 90° in Umfangsrichtung versetzt angeordneten Teilspulen auf, die die vier Einzelpole des Läufers bilden. Die Teilspulen bestehen dabei jeweils aus einem Stapel von ebenen Spulenelementen vom Rennbahntyp, wobei jedes Spulenelement aus bandförmigen HTS-Leitern erstellt ist. Die Teilspulen sind dabei so angeordnet, dass ihre Außenkonturen an eine gemeinsame Zylindermantelfläche des Trägerkörpers bzw. Polkerns zumindest weitgehend angepasst sind.

Entsprechende HTS-Läuferwicklungen werden vorteilhaft so erstellt, dass ihre Spulen zunächst vorgefertigt und dann geprüft werden. Diese unter Umständen schon zu größeren Einheiten kombinierten Spulen oder Spulenkästen werden anschließend auf die Pole des sie tragenden Läuferkörpers montiert. Im Betrieb sind sie erheblichen Fliehkräften auf Grund von Rotation sowie magnetischen Kräften ausgesetzt. Diese Kräfte versuchen, die Spulen nach außen zu ziehen. Da eine Bewegung der Wicklung und insbesondere des supraleitenden Materials unerwünscht ist, muss eine geeignete Fixierung erfolgen. Gemäß der eingangs genannten US-A-Schrift kann als entsprechendes Fixierungsmittel ein Hüllrohr oder eine Bandage aus einem glasfaserverstärkten Kunststoff vorgesehen sein. Bei großen Kräften reicht jedoch die Festigkeit und Steifigkeit des faserverstärkten Kunststoffmaterials im Allgemeinen nicht mehr aus, so dass dann üblicherweise Hüllrohre (vgl. US 4 060 743 A.) oder Hüllrohrstücke bzw. -ringe (vgl. DE 32 12 416 A1) aus Metall als Fixierungsmittel vorgesehen werden. Denn Metalle weisen in der Regel E-Module auf, die

ca. 5 bis 10 mal größer als der von faserverstärktem Kunststoff sind. Dabei ist für eine Ausbildung eines entsprechenden Metallmantels z.B. eine Umwicklung eines Spulenkörpers mit einem Stahlband analog zu einem Faserband bekannt (vgl.

- 5 WO 00/49703 A). Da aber ein Metallband im Gegensatz zu einem Faserwerkstoff schon während des Wickelns eine hohe Quersteifigkeit aufweist, ist eine derartige Metallbandage aufwendig in der Herstellung.
- 10 Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es deshalb, für die Maschine mit den eingangs genannten Merkmalen ein rohrförmiges, die Wicklung umhüllendes Fixierungsmittel anzugeben, das eine einfache und kostengünstige Herstellung des Fixierungsmittels erlaubt und dennoch die zufordernde hinreichende
15 mechanische Festigkeit zur Aufnahme der auftretenden Kräfte gewährleistet.

Diese Aufgabe wird für eine Maschine mit den eingangs genannten Merkmalen erfindungsgemäß dadurch gelöst, dass

- 20 - das Fixierungsmittel in axialer Richtung gesehen eine sich von einem kleineren auf einen größeren Außendurchmesser erweiternde Außenkontur seiner Bandage aufweist und
- die Bandage von mehreren hintereinander angeordneten Sicherungsringen mit jeweils dem Außendurchmesser der Außenkontur angepasstem Innendurchmesser kraftschlüssig umgeben ist.

- Bei der erfindungsgemäßen Ausgestaltung der Maschine wird also darauf verzichtet, die notwendige Gesamtsteifigkeit der Fixierungsmittel durch ein einziges Bauteil zu erreichen. Vielmehr ist vorgesehen, um die Wicklung (= Gesamtheit aller Wicklungsspulen), beispielsweise auf dem Polkern mit den einzelnen Spulen, eine faserverstärkte Kunststoffbandage aufzubringen. Deren Außenkontur ist zumindest im Bereich der Wicklung zumindest annähernd konisch gestaltet, wobei vorteilhaft an die Präzision dieses Konus' keine zu hohen Anforderungen

- zu stellen sind. Die auf diesen Konus zur mechanischen Verstärkung zusätzlich aufzubringenden Sicherungs- oder Stützringe bestehen nicht aus einem kompletten Zylinder, sondern aus einzelnen ringförmigen Elementen mit unterschiedlichen, 5 an den jeweiligen Ort ihrer Positionierung angepassten Innen-durchmessern. Auch diese Durchmesser müssen nicht besonders präzise eingehalten werden; es genügt, wenn sichergestellt ist, dass die Ringe im Durchmesser auf dem Konus an unter-schiedlichen Stellen zu liegen kommen. Dabei ist es auch 10 nicht erforderlich, dass die Sicherungs- oder Stützringe bün-dig aneinander liegen; sie können also, ähnlich wie die Me-tallreifen um ein Holzfass, auch untereinander in axialer Richtung beabstandet sein. Die genaue Größe dieses Abstandes hängt von der geforderten Steifigkeit der Wicklung in axialer 15 Richtung und der maximal zulässigen Aufweitung zwischen den einzelnen Ringen ab. Das Material und der Querschnitt der Ringe werden unter dem Gesichtspunkt der geforderten Stütz-funktion gewählt.
- 20 Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen der Maschine nach der Erfindung gehen aus den abhängigen Ansprüchen hervor.

So kann der Läufer einen die Wicklung aufnehmenden Polkern aufweisen, der gegebenenfalls aus metallischem Material be-steht. Der Polkern kann zum einen zur magnetischen Flussfüh-
rung herangezogen werden und zum anderen die mechanische Fi-xierung der Wicklung in Umfangsrichtung verbessern.

- Vorteilhaft wird die Bandage aus einem faserverstärkten 30 Kunststoffband erstellt, vorzugsweise gewickelt. Zu einer weiteren Verfestigung der Bandage kann vorteilhaft ein aus-härtbarer Kunststoff vorgesehen sein, der eine starre Rohr-form der Bandage gewährleistet.
- 35 Die Sicherungsringe können aus glasfaserverstärktem Kunst-stoff oder aus Metall bestehen. Sie sind als vorgefertigte Elemente kostengünstig zu erstellen.

Selbstverständlich ist es auch möglich, dass die Außenkontur der Bandage die Gestalt eines Doppel-Konus' mit sich jeweils nach den axialen Läuferseiten hin verjüngendem Außendurchmesser aufweist. Die zusätzlichen Stütz- oder Sicherungsringe werden dann jeweils von beiden Seiten her auf die Bandage aufgezogen.

Die Wicklung für die erfindungsgemäße Maschine ist aus bekannten, tiefzukühlenden Leitern in bekannter Weise zu erstellen. Vorteilhaft enthält die Wicklung Hoch-T_c-Supraleitermaterial, das insbesondere auf einem Temperaturniveau unter 77 K zu halten ist. Die Stromtragfähigkeit dieses Materials ist dementsprechend hoch.

Die Erfindung wird nachfolgend an Hand eines bevorzugten Ausführungsbeispiels noch weiter erläutert, wobei auf die Zeichnung Bezug genommen wird. Dabei zeigen jeweils schematisch als Längsschnitt
deren Figur 1 eine Maschine mit erfindungsgemäßem Fixierungsmittel,
deren Figur 2 das erfindungsgemäß gestaltete Fixierungsmittel dieser Maschine

und
deren Figur 3 eine besondere Bandage eines Fixierungsmittels.
In den Figuren sind sich entsprechende Teile mit denselben Bezugszeichen versehen.

Bei der nachfolgend angedeuteten Ausführungsform der Maschine kann es sich insbesondere um einen Synchron-Motor, einen Generator oder eine beliebige andere Maschine handeln. Dabei sind selbstverständlich spezielle Anwendungs- und Einsatzgebiete entsprechender Maschinen wie für hohe Drehzahlen, kompakte Antriebe z.B. von Schiffen und für sogenannte Off-Shore-Einrichtungen wie z.B. Bohrplattformen möglich.

Die erfindungsgemäße Maschine umfasst eine rotierende, tiefzukühlende Wicklung, für deren Leiter insbesondere auch Supraleiter in Frage kommen. Prinzipiell ist für solche Leiter eine Verwendung von metallischem LTS-Material (Niedrig T_c -Supraleitermaterial) oder insbesondere oxidischem HTS-Material (Hoch- T_c -Supraleitermaterial) möglich. Letzteres Material wie z.B. das $(Bi, Pb)_2Sr_2Ca_2Cu_3O_x$ sei für das nachfolgende Ausführungsbeispiel ausgewählt. Das Material kann aus Gründen einer hohen Stromtagfähigkeit im Betrieb deutlich unter seiner Sprungtemperatur T_c , beispielsweise auf 40 bis 50 K, gehalten werden. Die Wicklung kann aus einer einzigen Spule oder einem System von Spulen in einer 2-, 4- oder sonstigen mehrpoligen Anordnung bestehen. Der prinzipielle Aufbau einer solchen Maschine geht aus Figur 1 hervor, wobei von bekannten Ausführungsformen solcher Maschinen ausgegangen wird (vgl. z.B. den vorstehend genannten Stand der Technik oder die WO 02/50985 A).

Die allgemein mit 2 bezeichnete Maschine umfasst ein feststehendes, auf Raumtemperatur befindliches Maschinenaußengehäuse 3 mit einer Ständerwicklung 4 darin. Innerhalb dieses evakuierbaren Außengehäuses und von der Ständerwicklung umschlossen ist ein Läufer 5 drehbar um eine Rotationsachse A in Lagern 6 gelagert, dessen Läuferwelle auf der sogenannten Antriebsseite AS der Maschine einen in dem entsprechenden Lager gehaltenen, massiven axialen Läuferwellenteil 5a umfasst. Der Läufer 5 weist ein als Vakuumgefäß gestaltetes Außengehäuse 7 auf, in dem ein Wicklungsträger 9 oder Polkern mit einer HTS-Wicklung 10 gehaltert ist. Hierzu dient auf der Antriebsseite 30 AS eine (erste), starre, rohrförmige Verbindungseinrichtung 8a zwischen dem Wicklungsträger 9 und einem scheibenförmigen, mit dem Läuferwellenteil 5a fest verbundenen scheibenförmigen Seitenteil 7a des Läuferaußengehäuses. Über die starre Verbindungseinrichtung 8a erfolgt auch eine Drehmomentübertragung. Auf der der Antriebsseite AS gegenüberliegenden, mit BS 35 bezeichneten Betriebsseite, d.h. der Nicht-Antriebsseite, ist eine weitere Verbindungseinrichtung 8b zwischen dem Wick-

lungsträger 9 und einem scheibenförmigen Seitenteil 7b des Läuferaußengehäuses 7 angeordnet.

In Figur 1 ist ferner auf der antriebsabgewandten Seite BS 5 ein hohlzylindrischer Wellenteil 5b angedeutet, der an seiner dem Läuferaußengehäuse 7 zugewandten Seite mit dessen scheibenförmigem Seitenteil 7b starr verbunden ist. Über diesen in einem Lager 6 gelagerten Wellenteil erfolgt unter anderem eine Zufuhr eines erforderlichen Kühlmittels K zur Kühlung 10 der supraleitenden Wicklung 10 von außerhalb der Maschine. Ein den Wicklungsträger 9 mit der supraleitenden Wicklung 10 umschließendes Vakuum ist mit V bezeichnet. Dieses zur thermischen Isolation dienende Vakuum ist insbesondere zwischen dem warmen Läuferaußengehäuse 7 und dem kalten Wicklungsträger 15 9 vorhanden.

Erfindungsgemäß soll die z.B. in Nuten in den Wicklungsträger 9 eingebrachte Wicklung 10 von einem besonderen Fixierungs- mittel 12 auf dem Träger 9 gegen Bewegungen unter Kraftein- 20 wirkung gesichert sein. Hierzu wird auf den Träger mit der Wicklung eine rohrförmige, faserverstärkte Kunststoffbandage 13 in an sich bekannter Weise aufgebracht. Diese Bandage kann zur Versteifung gegebenenfalls noch mit einem aushärtbaren Kunststoff versehen sein. Ihre Außenkontur soll schon beim Aufbringen oder nachträglich z.B. durch entsprechende Überar- 25 beitung eine sich wenigstens annähernd konisch verjüngende Form erhalten, so dass sie sich in axialer Richtung gesehen von einem kleineren Außendurchmesser D_1 auf einen größeren Außendurchmesser D_2 erweitert. Die Erweiterung kann dabei in 30 axialer Richtung gesehen kontinuierlich oder auch abgestuft geschehen. Auf diese Weise können von der Seite mit dem klei- neren Außendurchmesser D_1 her bei der Montage des Läufers zu- sätzliche Stütz- oder Sicherungsringe 14, über die Bandage 13 35 geschoben werden. Der Innendurchmesser der einzelnen Ringe ist an den Außendurchmesser der Bandage an der Stelle, wo sich der jeweilige Sicherungsring im montierten Zustand be- finden soll, angepasst, um dort einen Kraftschluss zwischen

dem Ring und der Bandage zu erzeugen. Gegebenenfalls kann mit diesen Ringen an den betreffenden Stellen noch eine radiale Vorspannkraft auf die Bandage hervorgerufen werden. Die Sicherungsringe brauchen, wie in der Figur angedeutet ist,
5 nicht bündig aneinander zuliegen, sondern können je nach Anforderungen an die Steifigkeit auch untereinander beabstandet sein.

Figur 2 zeigt in vergrößerter Darstellung die Bandage 13 mit
10 drei Stützringen 14₁ bis 14₃. Einer größeren Anzahl entsprechender Ringe 14₁. Dabei ist aus Gründen der Verdeutlichung die Konizität der Bandage übertrieben stark veranschaulicht. Die Ringe bestehen aus einem insbesondere nicht-magnetischen Metall wie einem Edelstahl oder aus einem Kunststoff-Faser-
15 verbundmaterial. Ihre Querschnittsform braucht dabei, wie dargestellt, nicht unbedingt quadratisch zu sein. Auch rechteckige Querschnittsformen sind möglich, so dass die Ringe dann rohrstückartig oder reifenartig ausgebildet sind. Ebenso gut sind auch runde Querschnittsformen geeignet, die zudem
20 noch ein leichteres Überstreifen der Ringe über die Bandage ermöglichen.

Bei dem vorstehenden Ausführungsbeispiel wurde davon ausgegangen, dass die Konizität der Außenkontur der Bandage dadurch erhalten wird, dass die Bandage von ihrer Außenseite entsprechend bearbeitet bzw. abgearbeitet wird. Selbstverständlich ist es auch möglich, die Außenseite des Trägerkörpers mit der in ihm angeordneten Wicklung konisch zu gestalten und dann diese Außenseite mit einer Bandage zu versehen,
30 deren Dicke sich in axialer Richtung nicht ändert.

Selbstverständlich ist es auch möglich, eine Außenkontur des Fixierungsmittels in Form eines Doppel-Konus' einzuplanen. D.h., der Außendurchmesser des Fixierungsmittels würde sich
35 von einer Seite des Läufers her in axialer Richtung hin zur Läufermitte zunächst auf einen größeren Durchmesser erweitern und dann zur anderen Seite hin wieder abnehmen. In diesem

Falle würden dann die Sicherungsringe von beiden Seiten des Läufers her aufzubringen sein. Ein entsprechendes Ausführungsbeispiel einer noch nicht mit Sicherungsringen versehenen Bandage geht aus Figur 3 hervor. Die mit 15 bezeichnete 5 Bandage erweitert sich von einer Seite mit einem Durchmesser D_1 zu Mitte hin auf einen Durchmesser D_2 und verjüngt sich wieder auf einen Durchmesser D_1' . Die seitlichen Durchmesser D_1 und D_1' brauchen dabei nicht gleich groß zu sein.

Patentansprüche

1. Elektrische Maschine mit einem um eine Rotationsachse drehbaren Läufer, der eine auf Tieftemperatur zu kühlende, 5 insbesondere supraleitende Wicklung enthält, die von einem Fixierungsmittel mit einer Bandage umhüllt ist, dadurch gekennzeichnet, dass das Fixierungsmittel (12) in axialer Richtung gesehen eine sich von einem kleineren (D_1, D_1') auf einen größeren Außendurchmesser 10 (D₂) erweiternde Außenkontur seiner Bandage (13, 15) aufweist und die Bandage von mehreren hintereinander angeordneten Sicherungsringen (14i) mit jeweils dem Außendurchmesser der Außenkontur angepasstem Innendurchmesser kraftschlüssig umgeben ist.

15 2. Maschine nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Läufer (5) einen Polkern bildet, der die Wicklung (10) aufnimmt.

20 3. Maschine nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Bandage (13, 15) aus einem faserverstärkten Kunststoffband gewickelt ist.

4. Maschine nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass zusätzlich zu der Bandage (13, 15) ein aushärtbarer Kunststoff vorgesehen ist.

5. Maschine nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Sicherungsringe (14i) aus einem faserverstärkten Kunststoff oder aus Metall bestehen.

30 6. Maschine nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Außenkontur der Bandage (15) die Gestalt eines Doppel-Konus' mit sich jeweils nach den Läuferseiten hin verjüngendem Außendurchmesser aufweist.

7. Maschine nach einem der vorangehenden Ansprüche, d a -
d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass die tiefge-
kühlte Wicklung (10) Hoch-T_c-Supraleitermaterial enthält.

5

8. Maschine nach Anspruch 7, d a d u r c h g e k e n n -
z e i c h n e t , dass die Wicklung (10) auf einem Tempera-
turniveau unter 77 K zu halten ist.

10

Zusammenfassung

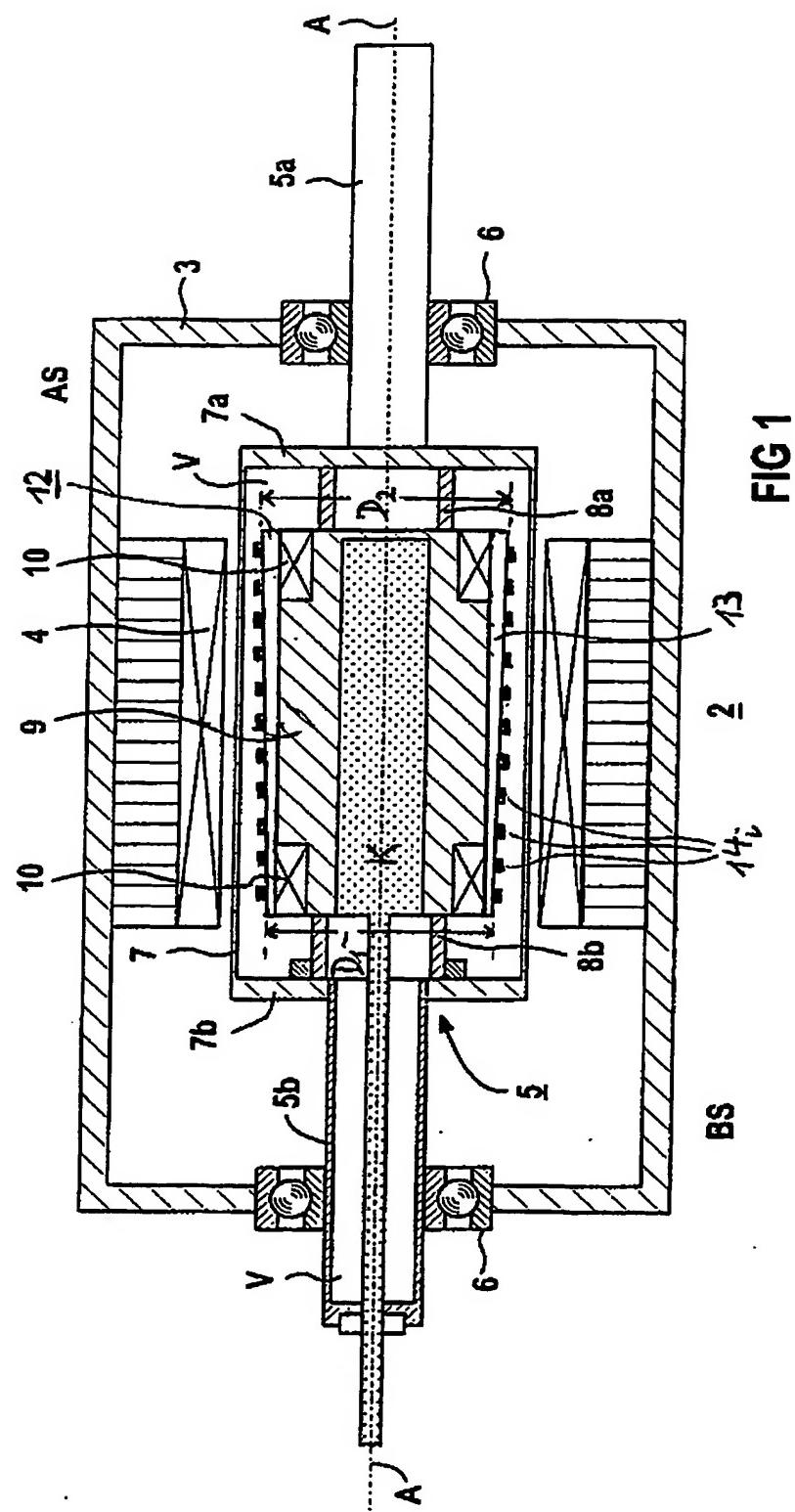
Elektrische Maschine mit bandagierter, tiefzukühlender Wicklung

5

Die Maschine (2) mit einem um eine Rotationsachse (A) drehbaren Läufer (5) enthält eine auf Tieftemperatur zu kühlende, insbesondere supraleitende Wicklung (10), die von einem Fixierungsmittel (12) mit einer Bandage (13) umhüllt ist. Dabei soll das Fixierungsmittel (12) in axialer Richtung gesehen eine sich von einem kleineren (D_1, D_1') auf einen größeren Außendurchmesser (D_2) erweiternde Außenkontur seiner Bandage (13, 15) aufweisen, die von mehreren hintereinander angeordneten Sicherungsringen (14_i) mit jeweils dem Außendurchmesser der Außenkontur angepasstem Innendurchmesser kraftschlüssig umgeben ist.

10
15
FIG 1

1/2



200219166

2 / 2

